

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-196075

(43)Date of publication of application : 10.07.2002

(51)Int.Cl.

G01S 17/02

G01N 15/06

G01N 21/49

G01S 7/48

G01W 1/00

(21)Application number : 2000-394031

(71)Applicant : INC ENGINEERING CO LTD
KOBAYASHI TAKAO

(22)Date of filing : 26.12.2000

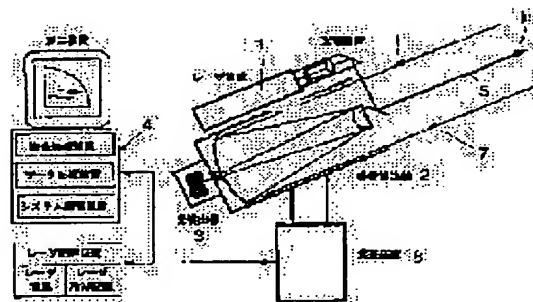
(72)Inventor : KOBAYASHI TAKAO
YOKOZAWA TAKESHI

(54) METHOD AND DEVICE FOR MONITORING LASER RADAR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an eye-safe laser radar monitoring method and an eye-safe laser radar monitoring device, capable of measuring precisely a relative concentration distribution of floating particulates (dust and the like) in the atmosphere, having an eye-safe property prevented from damage onto human eyes, having secret security by which measuring work is prevented from being disclosed to the third party, high in environment resistance, allowing automation for a measuring instrument, and easy to be handled.

SOLUTION: This device is provided with a laser device 1 for emitting a laser beam having 0.4 μm or less of wave length safe for the eyes, a reception telescope 2 having a photodetector 3 for detecting Mie-scattered light scattered by a scatter, a scanner 8 for scanning the laser device and the telescope horizontally, and a data processor 4 for data-processing the detected Mie-scattered light.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-196075

(P2002-196075A)

(43)公開日 平成14年7月10日(2002.7.10)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
G 0 1 S 17/02		G 0 1 N 15/06	D 2 G 0 5 9
G 0 1 N 15/06		21/49	C 5 J 0 8 4
21/49		G 0 1 S 7/48	Z
G 0 1 S 7/48		G 0 1 W 1/00	C
G 0 1 W 1/00		G 0 1 S 17/02	Z
審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 13 頁)			

(21)出願番号 特願2000-394031(P2000-394031)

(22)出願日 平成12年12月26日(2000.12.26)

(71)出願人 591104815

株式会社アイ・エヌ・シー・エンジニアリ
ング

東京都新宿区百人町1丁目15番18号

(71)出願人 500588732

小林 喬郎

福井県福井市文京3丁目9-1 福井大学
工学部電気・電子工学科内

(72)発明者 小林 喬郎

福井県福井市文京3丁目9-1 福井大学
工学部電気・電子工学科内

(74)代理人 100097515

弁理士 堀田 実

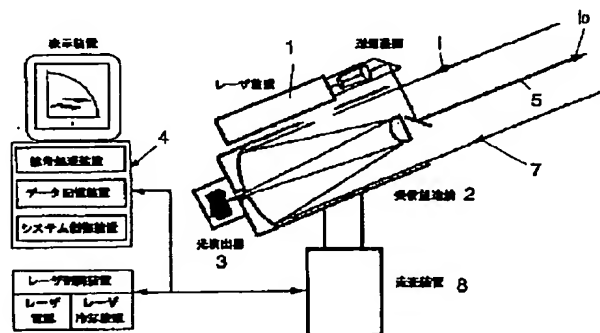
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザレーダ監視方法及び装置

(57)【要約】

【課題】 大気中の浮遊粒子(粉塵等)の相対濃度分布を短時間で高精度に計測でき、人の目に損傷を与えないアイセーフ性と計測作業が第三者に知られない秘匿性とを有し、耐環境性が高く、計測装置の自動化ができ、取り扱いが容易であるアイセーフなレーザレーダ監視方法及び装置を提供する。

【解決手段】 波長0.4 μ m以下の目に対して安全なレーザ光を放射するレーザ装置1と、散乱体によるミー散乱光を検出する光検出器3を有する受信望遠鏡2と、レーザ装置及び受信望遠鏡を水平走査する走査装置8と、検出したミー散乱光をデータ処理するデータ処理装置4とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の監視位置から水平に旋回しながらそのまわりに波長0.4 μm 以下の目に対して安全なレーザ光(5)を照射し、そのミー散乱光(7)を受光して、ミー散乱光の強度Iと照射から受光までの時間tとから、大気中の浮遊粒子の相対濃度とその存在地点を計測するようにしたことを特徴とするアイセーフなレーザレーダ監視方法。

【請求項2】 前記レーザ光(5)として、レーザ光のビーム径を広げて目に対して安全な強度I₀まで下げた波長0.355 μm のNd:YAG THGレーザを使用する、ことを特徴とする請求項1に記載のアイセーフなレーザレーダ監視方法。

【請求項3】 建屋上若しくは鉄塔(16)上に装置を設置し、レーザ光を水平に走査して上空の粉塵濃度相対分布を求める、ことを特徴とする請求項1に記載のアイセーフなレーザレーダ監視方法。

【請求項4】 前記水平走査において、遠距離の計測が必要な角度範囲に関しては走査速度を遅らせ高精度の計測を行い、近距離計測の必要性しかない角度範囲に対しては、走査速度を速めて迅速な計測を行う、ことを特徴とする請求項1に記載のアイセーフなレーザレーダ監視方法。

【請求項5】 建屋や煙突、装置等の影響を防止するため、計測角度区分毎に計測仰角を変化させて計測を実施する、ことを特徴とする請求項1に記載のアイセーフなレーザレーダ監視方法。

【請求項6】 各シーケンス計測毎に、本計測前に気象データ取得用に短時間計測を実施し、データ解析して求められた大気の消散係数から視程を求め、この視程が所定のしきい値より低い場合は、悪天候と判断して計測をキャンセルし、次の計測まで待機する、ことを特徴とする請求項1に記載のアイセーフなレーザレーダ監視方法。

【請求項7】 近傍のデータと遠方のデータを別のチャンネルでAD変換し、後で1つのデータとして結合させる、ことを特徴とする請求項1に記載のアイセーフなレーザレーダ監視方法。

【請求項8】 受信信号を距離補正し、設定値以下の信号となった場合、固体障害物(ハードターゲット)として検出し不要な信号を全て除去する遠距離ハードターゲット信号除去を行う、ことを特徴とする請求項1に記載のアイセーフなレーザレーダ監視方法。

【請求項9】 水蒸気に相当する設定値以上のデータをゼロとする、ことを特徴とする請求項1に記載のアイセーフなレーザレーダ監視方法。

【請求項10】 あらかじめ設定された領域における計測値をもってバックグラウンドとし、この信号を全計測結果から差し引くバックグラウンド補正を行う、ことを特徴とする請求項1に記載のアイセーフなレーザレーダ

監視方法。

【請求項11】 計測結果を色階調に変換し、工場敷地内外の地図若しくはCCD画像場に重ねて表示する、ことを特徴とする請求項1に記載のアイセーフなレーザレーダ監視方法。

【請求項12】 波長0.4 μm 以下の目に対して安全なレーザ光を放射するレーザ装置(1)と、粉じんによるミー散乱光を検出する光検出器(3)を有する受信望遠鏡(2)と、レーザ装置及び受信望遠鏡を水平走査する走査装置(8)と、検出したミー散乱光をデータ処理するデータ処理装置(4)と、前記レーザ装置及び受信望遠鏡を格納する耐環境性のあるドーム装置(9)とを備え、該ドーム装置はドーム回転部(9a)とドーム固定部(9b)とからなり、ドーム回転部は、レーザ装置の水平走査に同期して水平回転する光学窓(10)を有し、該光学窓を透してレーザ光を放射しかつミー散乱光を受信するようになっている、ことを特徴とする請求項13に記載のアイセーフなレーザレーダ監視装置。

【請求項13】 ドーム回転部の光学窓に設置され光学窓を保護するための開閉可能なスライドドア(11)と、光学窓を清浄な乾燥空気によりパージするパージ装置とを備えた、ことを特徴とする請求項12に記載のアイセーフなレーザレーダ監視装置。

【請求項14】 スライドドアの内側に設置された反射鏡(12)と、光学窓表面からの反射光をカットする偏光フィルター(13)と、ドーム内の光学窓の内側に設置された半導体レーザの送受光装置(14)とを有する汚れモニター装置を備え、光学窓の汚れをモニターする、ことを特徴とする請求項13に記載のアイセーフなレーザレーダ監視装置。

【請求項15】 光ファイバーケーブル又は無線通信により構築された社内LAN若しくは専用回線により遠隔制御する遠隔制御装置(15)を備え、該遠隔制御装置により計測指示を本体制御装置に送信し、計測を実施し、計測データを本体制御装置から遠隔制御装置に送信し、解析及び表示する、ことを特徴とする請求項12に記載のアイセーフなレーザレーダ監視装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、遠隔から散乱体の物性を計測するレーザレーダ装置に係わり、更に詳しくは、アイセーフなレーザレーダ監視方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】大気中の微小散乱体(例えば、工場の排煙、自動車から排出される微粒子、ちり、ごみ、雲、水、エアロゾル)等の物性を遠隔から計測するために図12に例示するようなレーザレーダ装置が開発されている。この装置は、レーザ装置1、テレスコープ2(受信望遠鏡)、光検出装置3、データ処理装置4、等から構

成され、レーザ装置 1 により大気中にレーザ光 5 を放射（発信）し、散乱体 6 によるミー散乱光 7 を望遠鏡 2 で受信し、光検出装置 3 及びデータ処理装置 4 により、散乱体 6 の相対密度（相対濃度）分布を検出するようになっている。なお、この図で 1 a はコリメータ、1 b はレーザ電源制御部、4 a はアンプ、4 b はレコーダ、4 c はコンピュータである。

【0003】かかるレーザレーダ装置を用いることにより、製鉄所等の工場、ゴミ焼却場、火力発電所、高速道路や一般道、建設作業現場、廃棄物処分場、その他人為的に発生する煤煙、煙流、粉塵及び灰塵並びに、春季の山林から発散する花粉、火山からの噴煙、霧、その他自然界で発生するエアロゾル等の浮遊粒子状物質の 2 次元若しくは 3 次元分布を計測することができる。

【0004】なお、かかるレーザレーダ装置は、例えば、1986 年 7 月発行の“APPLIED OPTICS” vol. 25, No. 13、特開平 8-136455 号、特開平 9-113620 号等に開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述した従来のレーザレーダ装置は、大気中の浮遊粒子（粉塵等）の相対濃度分布を短時間で高精度に計測できる特徴があり気象、環境科学研究用として使用されている。しかし次の問題点により工業応用として一般的な使用までには至っていない。

（1）目に対して危険な波長域（可視域、近赤外）のレーザを光源として使用していた。

（2）レーザレーダ装置はレーザ装置、高感度光検知器、高速・大容量データ処理システムという高度で精密な装置で構成されているため、装置の運転及び計測において高度な技術を必要とし、レーザ技術者や研究者等の専門家しか取り扱えなかった。すなわち取り扱いの容易なレーザレーダ装置が存在しなかった。

（3）耐環境性を考慮した装置が存在しなかった。

（4）計測装置の自動化（無人運転）が為されていない。

（5）計測結果の評価法が確立していなかった。

【0006】すなわち、現在までにミー散乱光を計測するレーザレーダ装置は様々なものが開発されており、本発明に係るミー散乱レーザレーダに関して使用するレーザ別に次のように区分することが出来る。

A. 波長 0.355 μm の Nd:YAG THG レーザレーダ

B. 波長 0.532 μm の Nd:YAG SHG レーザレーダ

C. 波長 1.06 μm の Nd:YAG レーザレーダ

D. 波長 1.4 μm の OPO レーザレーダ

E. 波長 2 μm のレーザレーダ

【0007】このうち、B と C は人の目の網膜に損傷を

与えないアイセーフ性がなかった。すなわち、B の波長 0.532 μm の Nd:YAG SHG レーザレーダはミー散乱レーザレーダとして、頻繁に使用されるレーザレーダであるが、この波長はアイセーフ性がないため、工業計測として安全に使用することが出来ない。更に、このレーザレーダ装置において、レーザ光強度を大幅に下げて、アイセーフ性を確保することもできるが（例えばマイクロパルスライダ）、レーザの波長が可視域のため秘匿性はない。ここでアイセーフ性とは、一度損傷すると回復不可能な網膜に対する安全性をいい、レーザの波長域としては、0.4 μm 以下の紫外線及び 1.4 μm 以上の赤外線をいう。さらに、光強度については JIS 6802 の最大許容露光量（MPE）で規定された波長帯及び露光時間別の光強度以下のものを指す。

【0008】また、C の波長 1.06 μm の Nd:YAG レーザレーダも A と同様にアイセーフ性はない。又、この波長では、0.532 μm と比べて検知器感度が低下するため、このレーザレーダをマイクロパルス化してアイセーフ性を確保することは困難である。

【0009】一方、A、D、E はアイセーフ性を有するが、以下の問題点があった。A の波長 0.355 μm の Nd:YAG THG レーザレーダは、計測信号にレイリー散乱信号を含み、このレイリー散乱信号の影響で、浮遊粒子状物質を計測するレーザレーダ装置としては使用できなかった。また、屋外設置用に環境対策を施し、走査装置を含めた走査型の工業用に使用できなかった。

【0010】D の波長 1.4 μm の OPO レーザレーダはアイセーフ性は有するが、検知器感度が低く、高出力を必要とし装置が大型化する問題点があった。また、E の波長 2 μm のレーザレーダもアイセーフ性を有するが、高感度の検知器が存在せず小型化は困難である。

【0011】本発明は上述した種々の問題点を解決するために創案されたものである。すなわち、本発明の主目的は、大気中の浮遊粒子（粉塵等）の相対濃度分布を短時間で高精度に計測でき、人の目に損傷を与えないアイセーフ性と計測作業が第 3 者に知られない秘匿性とを有するアイセーフなレーザレーダ監視装置を提供することにある。また、本発明の別の目的は、耐環境性が高く、計測装置の自動化ができ、取り扱いが容易であるアイセーフなレーザレーダ監視方法及び装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、所定の監視位置から水平に旋回しながらそのまわりに波長 0.4 μm 以下の目に対して安全なレーザ光（5）を照射し、そのミー散乱光（7）を受光して、ミー散乱光の強度 I と照射から受光までの時間 t とから、大気中の浮遊粒子の相対濃度とその存在地点を計測するようにしたこ

とを特徴とするアイセーフなレーザレーダ監視方法が提供される。

【0013】この方法により、大気中の浮遊粒子（粉塵等）の相対濃度分布を短時間で高精度に計測でき、かつ人の目に損傷を与えないアイセーフ性と計測作業が第三者に知られない秘匿性とを確保することができる。

【0014】本発明の好ましい実施形態によれば、前記レーザ光（5）として、レーザ光のビーム径を広げて目に対して安全な強度 I_0 まで下げた波長 $0.355\mu\text{m}$ のNd:YAG THGレーザを使用する。ここで目に対する安全な強度 I_0 はJIS6802に規定されたMPE以下とする。この方法により、アイセーフ性と秘匿性を確保したまま、装置を小型化することができる。

【0015】また、建屋屋上若しくは鉄塔（16）上に装置を設置し、レーザ光を水平に走査して上空の粉塵濃度相対分布を求める。この方法により、工場上空等の粉塵濃度の相対分布を求めることができる。

【0016】また、前記水平走査において、遠距離の計測が必要な角度範囲に関しては走査速度を遅らせ高精度の計測を行い、近距離計測の必要性しかない角度範囲に対しては、走査速度を速めて迅速な計測を行う。この方法により、遠距離の高精度の計測を実施し、かつ近距離の走査速度を速めて迅速な計測を行うことにより、計測精度を低下させずに全計測時間の短縮が可能となる。

【0017】また、建屋や煙突、装置等の影響を防止するため、計測角度区分毎に計測仰角を変化させて計測を実施する。この方法により、計測角度区分毎に建物等の影響を防止し、かつ最も粉塵発生料の多い高度の計測が可能となる。

【0018】また、各シーケンス計測毎に、本計測前に気象データ取得用に短時間計測を実施し、データ解析して求められた大気の消散係数から視程を求め、この視程が所定のしきい値より低い場合は、悪天候と判断して計測をキャンセルし、次の計測まで待機する。又、専用の感雨センサにより、降雨の検出を行い、降雨時には計測をキャンセルすることができる。この方法により、計測に適しない気象条件の計測シーケンスを自動でキャンセルすることができる。

【0019】また、近傍のデータと遠方のデータを別のチャンネルでAD変換し、後で1つのデータとして結合させる。この方法により、遠方データに含まれる量子化雑音を低減して広いダイナミックレンジの計測ができる。

【0020】また、受信信号を距離補正し、設定値以下の信号となった場合、固体障害物（ハードターゲット）として検出し不要な信号を全て除去するハードターゲット信号除去を行う。この方法により、煙突やタンク等の固体表面からの強い信号（ハードターゲット信号）を除去することができる。

【0021】また、水蒸気に相当する設定値以上のデー

タをゼロとする。この方法により、多量の水蒸気を高濃度の粉塵として計測するのを防ぐことができる。

【0022】また、あらかじめ設定された空における計測値をもってバックグラウンドとし、この信号を全計測結果から差し引くバックグラウンド補正を行う。この方法により、粉塵以外の要因（空気分子のレイリー散乱、気象状況、黄砂、エアロゾル等）の影響を無くすることができる。

【0023】また、計測結果を色階調に変換し、工場敷地内外の地図若しくはCCD画像場に重ねて表示する。この方法により、計測結果と工場の配置等から粉塵の発生場所や拡散の様子をわかりやすく表示することができる。

【0024】更に、本発明によれば、波長 $0.4\mu\text{m}$ 以下の目に対して安全なレーザ光を放射するレーザ装置

（1）と、散乱体によるミー散乱光を検出する光検出器（3）を有する受信望遠鏡（2）と、レーザ装置及び受信望遠鏡を水平走査する走査装置（8）と、検出したミー散乱光をデータ処理するデータ処理装置（4）とを備えたことを特徴とするアイセーフなレーザレーダ監視装置が提供される。

【0025】本発明の構成によれば、レーザ装置（1）が波長 $0.4\mu\text{m}$ 以下の目に対して安全なレーザ光を放射するので、人の目に損傷を与えないアイセーフ性と計測作業が第三者に知られない秘匿性とを確保することができる。

【0026】また、前記レーザ装置及び受信望遠鏡を格納する耐環境性のあるドーム装置（9）を備え、該ドーム装置はドーム回転部（9a）とドーム固定部（9b）とからなり、ドーム回転部は、レーザ装置の水平走査に同期して水平回転する光学窓（10）を有し、該光学窓を透してレーザ光を放射しかつミー散乱光を受信するようになっている。この構成により、装置の耐環境性を高めることができる。

【0027】更に、ドーム回転部の光学窓に設置され光学窓を保護するための開閉可能なスライドドア（11）と、光学窓を清浄な乾燥空気によりパージするパージ装置とを備える。この構成により、光学窓（10）を保護し、かつ光学窓の汚れ付着を防止できる。

【0028】更に、スライドドアの内側に設置された反射鏡（12）と、光学窓表面からの反射光をカットする偏光フィルター（13）と、ドーム内の光学窓の内側に設置された半導体レーザの送受光装置（14）とを有する汚れモニター装置を備え、光学窓の汚れをモニターする。かかる汚れモニター装置を備えることにより、偏光フィルター（13）で光学窓表面からの反射光をカットして、光学窓（10）の汚れをモニターすることができる。

【0029】また、光ファイバーケーブル又は無線通信により構築された社内LAN若しくは専用回線により遠

隔制御する遠隔制御装置(15)を備え、該遠隔制御装置により計測指示を本体制御装置に送信し、計測を実施し、計測データを本体制御装置から遠隔制御装置に送信し、解析及び表示する。この構成により、アイセーフなレーザレーダ監視装置を遠隔制御し、かつ遠隔でデータ解析と表示をすることができる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好ましい実施形態を図面を参照して説明する。なお、各図において共通する部分には同一の符号を付して使用する。

【0031】図1は、本発明のアイセーフなレーザレーダ監視装置の構成図である。この図に示すように、本発明のアイセーフなレーザレーダ監視装置は、波長0.4 μm 以下の目に対して安全なレーザ光を放射するレーザ装置1と、散乱体によるミー散乱光を検出する光検出器3を有する受信望遠鏡2と、レーザ装置1及び受信望遠鏡2を水平走査する走査装置8と、検出したミー散乱光をデータ処理するデータ処理装置4とを備える。

【0032】すなわち、本発明のアイセーフなレーザレーダ監視装置は、レーザとして波長0.4 μm 以下の目に対して安全なレーザ(0.355 μm のNd:YAG THG レーザ等)を使用し、アイセーフ性を確保する。アイセーフ性の確保のためには、光強度をJIS 6802で規定されているMPE以下にする。又、光検出器3として高感度の光電子増倍管を使用することによりレーザ装置及び受光望遠鏡等の小型化を図っている。この検知器は高速応答でありながら受光面積が大きいため、振動等による光軸の変化に強く、微妙な光軸調整が不要である。従って、取り扱いの容易な装置とすることができる。

【0033】このアイセーフなレーザレーダ監視装置を屋外の工場全体を見渡せる高い場所に設置し、光ファイバケーブルによるLANや無線通信等の通信手段を介して遠隔で自動運転する事により工場上空の粉塵相対濃度を定期的に自動計測するレーザレーダ監視装置とすることが出来る。

【0034】このアイセーフなレーザレーダ装置はレーザを工場上空においてほぼ水平に走査し、上空の粉塵相対濃度の水平分布を計測する。この装置は無人の自動運転を実現するために予め設定された計測シーケンスに基づき計測を連続して実施する(シーケンス計測機能)。また降雨及び濃霧等の計測が出来ない気象状況を自動的に判別し、計測を中断する機能を有している(気象条件自動判別機能)。更に、計測面上に存在する煙突、建屋、水蒸気等からの信号を自動的に除去する機能を有している(不要信号除去機能)。

【0035】以下、本発明の特徴点を説明する。

(1) 図2は、本発明のアイセーフなレーザレーダ監視装置の外観図である。この図に示すように、本発明のアイセーフなレーザレーダ監視装置は、屋外に固定設備と

して設置可能な耐環境性を備えている。

【0036】図1に示した監視装置のレーザレーダ部及び補機類は全てドーム装置9内に収納されている。ドーム装置9はドーム回転部9aとドーム固定部9bに分かれている。レーザ光はドーム回転部9aに設置した光学窓10を介して外部に放射され、後方散乱光は光学窓10を介して望遠鏡2内に入射する。ドーム回転部9aはレーザレーダ装置の水平走査に伴い同期して回転し光学窓10を介した計測が常時可能となっている。ドーム装置9内の環境はエアコンにより一定温度に管理され、レーザレーダの性能の安定化を図り、耐環境性を確保している。

【0037】ドーム回転部9aの光学窓10にはスライドドア11が設置されている。スライドドア11は、光学窓10を保護するためのカバーで、計測時は開となり計測が可能のように光学窓10を外界に暴露するが、計測時以外は光学窓10をカバーして水滴や汚染粒子の付着による窓の汚れを防止する機能を有している。さらに、光学窓10は清浄な乾燥空気により常時パージされ、窓の汚れ付着を防止する機能を備えている。

【0038】窓の汚れをモニターし、汚れが増加した場合に遠隔制御装置に表示させる機能を有している。図3は窓汚れモニター装置の一例である。ドーム内の光学窓10の内側に半導体レーザの送受光装置14を設置し、光学窓10の外部のスライドドア11の内側に半導体レーザ(LD)光の反射鏡12を設置する。スライドドア11が閉まっているときにLDを発振させる。LD光は光学窓10を透過し反射鏡12により反射し、再度光学窓10を透過しLD受光装置14により検知され

る。光学窓10が汚れた場合は汚れによりLD光が散乱され、検知されたLD光の強度が低下する。従って、このLD光の低下により光学窓10の汚れを検知する。反射鏡10の汚れによるLD光の低下を防ぐため、スライドドアの内側に反射鏡12を設置している。また、光学窓表面からの反射による影響を防止するため、LD光と同一の直線偏光の光は偏光フィルター13によりカットする。

【0039】図4は、本発明のアイセーフなレーザレーダ監視装置のシステム構成図であり、図5は、別のシステム構成図である。

【0040】本発明のアイセーフなレーザレーダ監視装置光ファイバケーブルや無線通信等により構築された社内LAN若しくは専用回線により遠隔に制御される。装置本体から離れて設置された遠隔制御装置15から計測指示が本体制御装置に送られ、計測が実施される。計測終了後、計測データは本体制御装置から遠隔制御装置15に送られ、解析、表示等が実施される。なお、このシステムでは装置設置工場内その他で計測されている風向風速計の計測結果データをLANを介して自動的に取り込み計測結果と一緒に地図上に表示させることが可能

である。

【0041】(2)図6は、本発明による水平走査によるレーザレーダ計測を示す図である。この図に示すように、本発明の方法では、工場上空の粉塵濃度相対分布を求めるために、建屋屋上若しくは鉄塔等16に装置を設置し、レーザ光を水平に走査することにより計測を実施する。

【0042】図7は、本発明による水平走査方法を示す図である。この図に示すように、計測対象計測角度区分毎にレーザ光の走査速度を変化させながら計測を実施する。この事により、遠距離の計測が必要な角度範囲に関しては走査速度を遅らせ高精度の計測を行い、近距離計測の必要性しかない角度範囲に対しては、走査速度を速め、迅速な計測が出来るようにした。更に、この機能により、計測距離によらずほぼ一定の計測分解能となるように出来る。また、この機能により、1回の全計測時間を短縮することが出来る。

【0043】本発明のアイセーフなレーザレーダ監視装置は、工場内外上空の粉塵相対濃度を計測する装置である。工場内には高さの違った建屋や煙突、装置等が混在するため、粉塵の発生が予想される高度もそれぞれ異なっている。それに対応するため、計測角度区分毎に計測仰角を変化させて計測を実施する。この事により、計測角度区分毎に建物等の影響を防止し、しかも最も粉塵発塵量の多い場所(高度)の計測が可能となる(図7)。また、計測したい仰角(粉塵の発生する高さ)は建屋や煙突等の高さの他に、風向風速によっても変化する。従って、LAN等により取得した風向風速データから最適な計測仰角を求め、これにより計測を行うことも可能である。

【0044】(3)気象条件自動判別機能
粉塵発生及びレーザレーダ計測は大気条件の影響を受ける。粉塵の場合、冬季のように乾燥した晴天で強風の場合は発塵は多いが、多湿で雨天のように天候が悪化した場合は粉塵の発塵はない。またレーザレーダは晴天では長距離計測が可能であるが雨天や霧のような悪天候の場合は計測距離は短くしかも雨滴や霧を計測する危険性がある。更にレーザレーダの光学窓に雨滴が付着すると汚れが進みレーザレーダの計測性能を悪化させる可能性がある。従って計測に適さない気象条件の場合は当該時刻の計測シーケンスをキャンセルする機能を有している。

【0045】この気候判断はレーザレーダの短時間計測による計測結果により行われる。気象条件の判定はレーザレーダ計測により求められた大気の消散係数から視程を求める事により行われる。視程が長い(良好な)場合は、気象状況が良好で、レーザ光の大気中の透過率が高くレーザレーダ計測に適した条件である。視程が短い場合は、降雨や霧等が存在し、レーザ光の大気中の透過率が低くレーザレーダ計測には不適の場合である。レーザレーダの計測結果を解析して得られた大気の消散係数

(αM)と視程(R_v)との間には一般的に(数1)の式(1)の関係がある。

【0046】

【数1】

$$\alpha_M(\lambda) = \frac{3.91}{R_v} \left[\frac{550}{355} \right]^q \quad (\text{km}^{-1}) \quad (1)$$

【0047】ここで、 $q = 0.585 R_v^{1/3}$ (但し、 $R_v < 6 \text{ km}$ の場合)、 $q = 1.3$ ($R_v > 6 \text{ km}$)である。この式(1)により視程を求め、視程がある値を超えた場合は計測を中止する。

【0048】具体的には各シーケンス計測毎に、本計測前に気象データ取得用に短時間計測を実施しデータ解析を行う。この結果から悪天候(降雨や濃霧等による視程の悪化)と判断した場合はこの回の計測をキャンセルし、次の計測まで待機する機能を有している。この計測において、取得したデータに対してスロープ法若しくはクレット法により消散係数を求め、その値が設定値以上の場合は雨天悪化として計測をキャンセルする。スロープ法及びクレット法については例えば次の論文による。

"Lidar Sensing of Aerosols and Clouds in the Troposphere and Stratosphere",
PROCEEDING OF THE IEEE,
VOL. 77, NO. 3, 1989

以上の方法と併用して、降雨計を設置しそのデータも気象判断に使用すればより確実となる。

【0049】(4)不要信号除去機能

図8は、従来のAD変換方法を示す図であり、図9は、本発明のAD変換方法を示す図である。計測データはAD変換器でアナログデータからデジタルデータに変換されるが、遠方のデータは近傍のデータと比べてその信号レベルが1/100以下となるため、遠方データでは量子化雑音が無視できなくなる。そこで近傍のデータと遠方のデータを別のチャンネルでAD変換し、後で1つのデータとして結合させることにより量子化雑音の低く広いダイナミックレンジの計測が出来る(図9)。ここで図9(A)は光検知器を1台とした場合、(B)は光検知器を別とした場合である。

【0050】図10は、本発明による固体障害物(ハードターゲット)信号の処理方法を示す図である。工場上空には高い煙突やタンク等が存在し、これがレーザを遮る場合がある。この結果、固体表面から強い信号(ハードターゲット信号)が装置に戻り、高濃度の粉塵として計測される場合がある。そのため、このハードターゲットによる強い信号をソフト的に除去する機能を有している。図10にレーザレーダのハードターゲット信号の概念図を示す。図10(A)はハードターゲット信号を含まない信号波形である。この波形を距離補正(R^2 乗補正)して解析に使用する。図10(B)はハードターゲ

ット信号を含む信号波形である。図中のピーク信号はA/D変換器のサンプリングタイミングにより発生しない場合もある。

【0051】ハードターゲット信号を含む信号波形において、ハードターゲット以遠の信号は0となる。これはレーザ光がハードターゲットに当たった場合、すべての光が散乱し、その位置より直進できないためである。従って、この0信号を検出してハードターゲットと認識する。すなわち、信号がハードターゲット設定値以下となった場合、その位置をハードターゲットとする。ハードターゲットと認識した場所からレーザレーダの方向数m分のデータを除去する。これはハードターゲットによるピーク信号を除去するためである。

【0052】製鉄所等の上空には工場から発生した多量な水蒸気が存在している。従って水蒸気を高濃度の粉塵として計測される可能性がある。そのため、水蒸気のような強い信号を除去する機能を有している。これは、計測結果において、設定値以上のデータをゼロとするものである。

【0053】工場上空の大気は粉塵以外の要因（気象状況、黄砂、その他）によるエアロゾル等も存在している。このエアロゾルからの信号が計測の基準（バックグラウンド値）となる。バックグラウンド信号は気象状況等の大気状況により変動するため、このバックグラウンド成分を補正し工場に起因した信号（工場から発生した粉塵）のみを計測する必要がある。そのために、あらかじめ設定された場所における計測値をもってバックグラウンドとし、この信号を全計測結果から差し引くことによりバックグラウンド補正を行う。あらかじめ設定された場所とは、工場等から発生した粉じんが存在しない、もしくは少ないと考えられ、計測結果が大気状況を示していると想定される場所である。この場所は固定ではなく、地形や気象等の状況により変更することも可である。この場所における計測結果の距離にわたる平均値をバックグラウンドとする。

【0054】（計測結果の表示）計測結果を色階調に変換し、工場敷地内外の地図若しくはC/D画像場に重ねて表示する。この事により、計測結果と工場の配置等から粉塵の発生場所や拡散の様子を解りやすく表示できる。更にこの図上風向風速データを表示させる事により更に拡散の様子を明らかにする事ができる。

【0055】図11は、本発明によるデータ処理方法を示すフロー図である。このデータ処理法のアルゴリズムは次の通りである。

1. PMTからの信号を2CHの高速A/Dコンバータの両チャンネルに入力する。各チャンネルはレンジが異なり高い電圧レンジは近距離信号用であり、低い電圧レンジは遠距離用である。この事によりレーザレーダ信号を広いダイナミックレンジでデジタル変換する事が出来る。各データを走査速度及び計測距離に合わせて積算を

行う。

2. ゼロレベル補正

計測信号を受信する前若しくは後の数100データの平均値をオフセット信号として、チャンネル毎の全データから引くことによりゼロレベルを調整する。

【0056】3. データ結合

両チャンネルのデータを結合して、1つのデータとする。この時、結合する距離を調整し、遠距離用チャンネルの飽和信号部分が近距離データとなるように結合する。また、出力信号はマイナス信号のためプラス信号に変換する。

4. 時間軸を距離軸に変換する。レーザ出力波形をトリガー信号として、そのタイミングを距離原点とする。それ以降、時間軸を距離軸に変換する。

5. ノイズ低減処理

移動平均その他の処理によりノイズを低減させる。

6. レーザ出力補正

レーザ出力の変動をモニターし、レーザ出力の増減に合わせて信号レベルを調整する。

【0057】7. 距離補正及び近距離補正

信号とR2との積を取る事により距離に対する幾何学的な信号の減少の補正（距離補正）を行う。補正曲線は予め取得したデータを使用する。

8. ハードターゲット処理

距離補正で得られた信号に対して設定値以上の値となった場合は、ハードターゲットとして検出し、不要な信号を除去する。

【0058】9. クレット法による消散係数の導出

クレット法を使用して消散係数を求める。ハードターゲットでない波形の場合は計測距離より遠方から計算を開始する。ハードターゲット信号の場合は、ハードターゲットの位置から計算を開始する。

10. バックグラウンド補正、レイリー散乱補正

計測範囲中において、ある設定角度（ハードターゲットがなく、大気が均一と思われる場所若しくは数点の角度を設定する）の計算結果の平均値をバックグラウンド値として全データからこの値を引く。このことにより、レイリー散乱の消散係数の補正もできる。

11. 水蒸気データ削除

消散係数がある設定値以上の場合、水蒸気等のデータとしてそのデータを削除してゼロとする。

12. データ量低減

得られた計算結果の単位を $[m^{-1}]$ 若しくは $[km^{-1}]$ から $[10km^{-1}]$ の単位に変換し小数点以下を四捨五入して整数化する。

13. 得られたデータを色階調に変換し地図上に表示させる。

【0059】（5）シーケンス計測機能

レーザレーダ装置は工場上空を定期的に自動計測する監視装置であるため計測時間及び計測方法等の計測スケジ

ジュールを予め設定し、装置をこのスケジュールに基づきシーケンス的に自動計測を行う。設定するパラメータは次の通り。

【0060】(1) 計測時刻：1日分の計測開始時刻を24時間制で設定する。

(2) 計測角度範囲：計測時における計測開始角度及び終了角度

(3) 水平走査速度：計測角度範囲内における、角度毎の水平走査速度

(4) 計測仰角：計測角度範囲内における、角度毎の水平走査速度

(5) CCD画像取得角度：CCDにより取得及び表示させる画像の角度（静止画像を取り込む場合）

(6) その他の設定条件：制御装置ソフトウェアの安定動作を確保するため、1日に1回のシステム（遠隔制御装置及び機側制御装置）の再起動を行う。その再起動の実施時刻。その他の計測に必要な設定条件。

【0061】計測シーケンスをスタートすると、それに従って計測を実施する。計測シーケンスが終了した場合は装置は待機状態となる。翌日、再度計測シーケンスに基づき計測を実施する。この計測シーケンスを数種類準備し、計測内容によりシーケンスを選択して計測ができる機能も有する。

【0062】(6) CCDによる計測状況監視機能
遠隔制御装置は装置から離れた場所に設置されているため、レーザレーダの計測状況が不明となる。従ってCCDカメラを望遠鏡脇等の走査装置上に設置し、レーザレーダの走査に合わせてレーザ光軸方向の監視を行う。得られたCCD画像は、遠隔制御装置に転送され、静止画像若しくは動画としてCRT上に表示する。静止画像の場合は、予め計測シーケンスで設定された角度における静止画像を表示させる。動画の場合は、CCD画像をリアルタイムに表示させる。

【0063】なお、本発明は上述した実施例に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変更できることは勿論である。

【0064】

【発明の効果】上述したように、本発明のアイセーフなレーザレーダ監視装置では、光源としては波長0.4μm以下のレーザ（0.355μmのNd:YAG THGレーザ等）を使用し、しかもレーザを空間内で走査する事により、浮遊粒子物質の空間分布を短時間で高精度で計測することが出来る。このレーザ光は網膜に対する損傷閾値（最大許容露光量MPE）が0.4μm～1.4μmの範囲のレーザと比べて10000倍以上高いために、波長帯1.4μm以上のレーザと同様にアイセー

フ性を有するレーザであり、レーザレーダ装置のように高いピークパワーを必要とする計測においても、網膜に損傷を与える事無しに安全に計測することが出来る。

又、この波長域の光を高感度で検出する検知器が存在するため、装置全体を小型に出来、可搬型のレーザレーダにも適している。更に、この波長の光は目に見えないため、秘匿性を有する計測において特に有効である。このような小型、空間走査が可能なアイセーフなレーザレーダにより、従来のレーザレーダと比較して、より運用が容易で高精度の計測装置とする事が出来る。

【0065】従って、本発明のアイセーフなレーザレーダ監視方法及び装置は、大気中の浮遊粒子（粉塵等）の相対濃度分布を短時間で高精度に計測でき、人の目に損傷を与えないアイセーフ性と計測作業が第3者に知られない秘匿性とを有し、耐環境性が高く、計測装置の自動化ができ、取り扱いが容易である、等の優れた効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のアイセーフレーザレーダ監視装置の構成図である。

【図2】本発明のアイセーフレーザレーダ監視装置の外観図である。

【図3】本発明の汚れモニター装置の構成図である。

【図4】本発明のアイセーフレーザレーダ監視装置のシステム構成図である。

【図5】本発明のアイセーフレーザレーダ監視装置の別のシステム構成図である。

【図6】本発明による水平走査によるレーザレーダ計測を示す図である。

【図7】本発明による水平走査方法を示す図である。

【図8】従来のAD変換方法を示す図である。

【図9】本発明のAD変換方法を示す図である。

【図10】本発明によるハードターゲット信号の処理方法を示す図である。

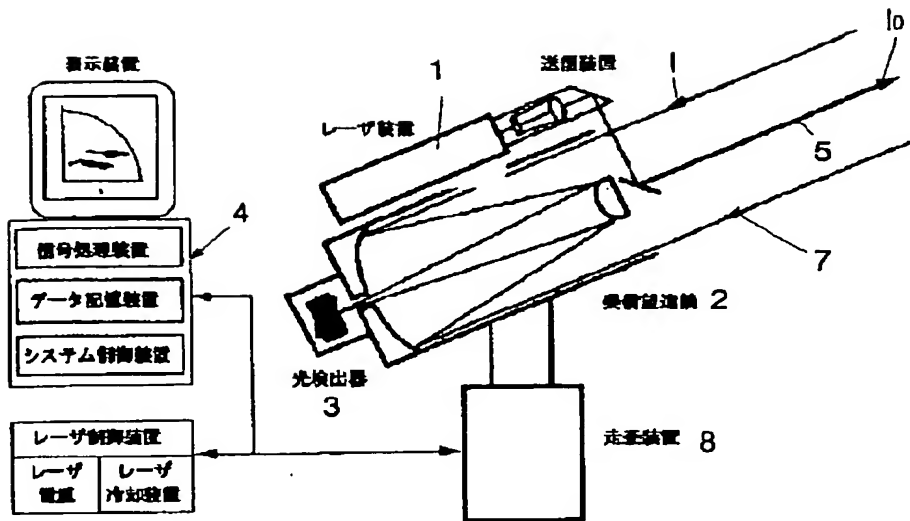
【図11】本発明によるデータ処理方法を示すフロー図である。

【図12】従来のレーザレーダ装置の模式図である。

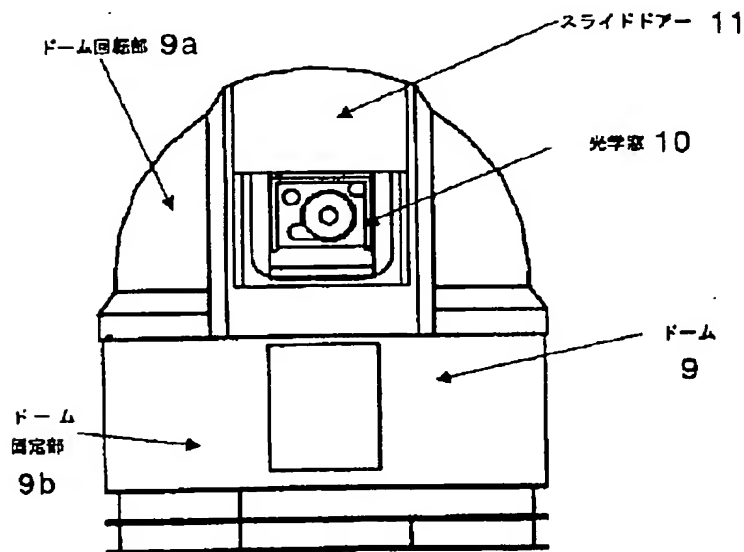
【符号の説明】

1 レーザ装置、2 テレスコープ（受信望遠鏡）、3 光検出装置、4 データ処理装置、4a レコーダ、4b コンピュータ、5 レーザ光、6 散乱体、7 ミー散乱光、8 走査装置、9 ドーム装置、9a ドーム回転部、9b ドーム固定部、10 光学窓、11 スライドドア、12 反射鏡、13 偏光フィルター、14 送受光装置、15 遠隔制御装置、16 鉄塔

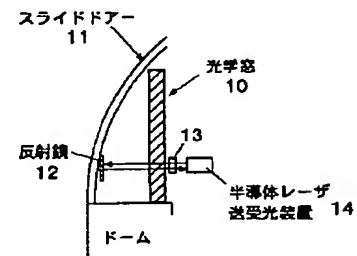
【図1】



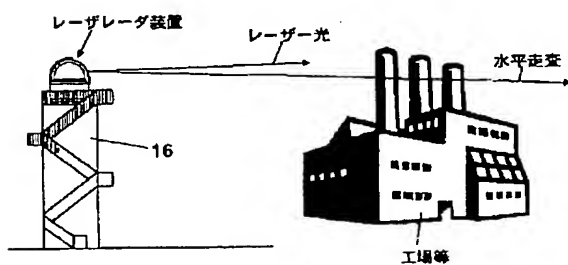
【図2】



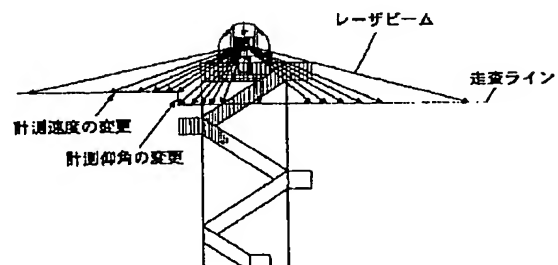
【図3】



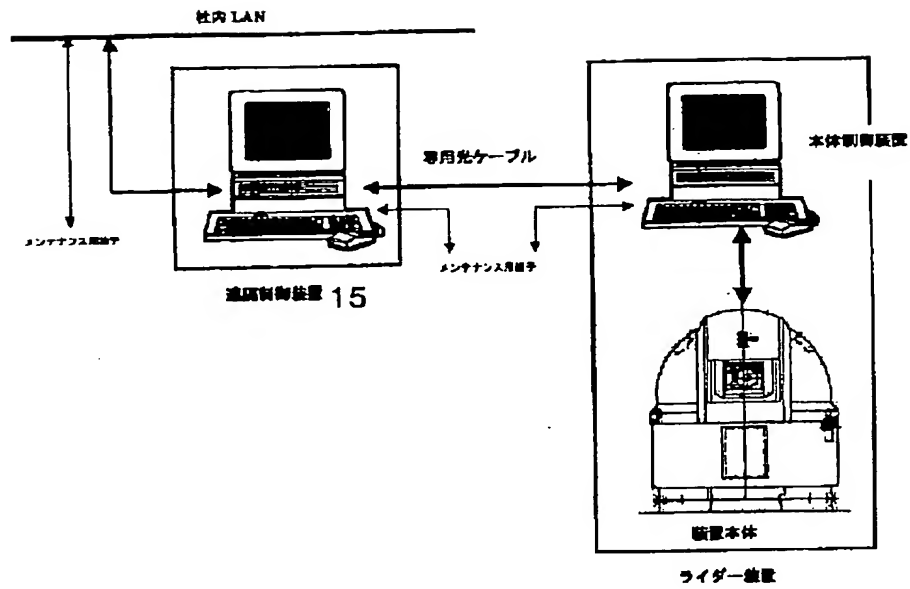
【図6】



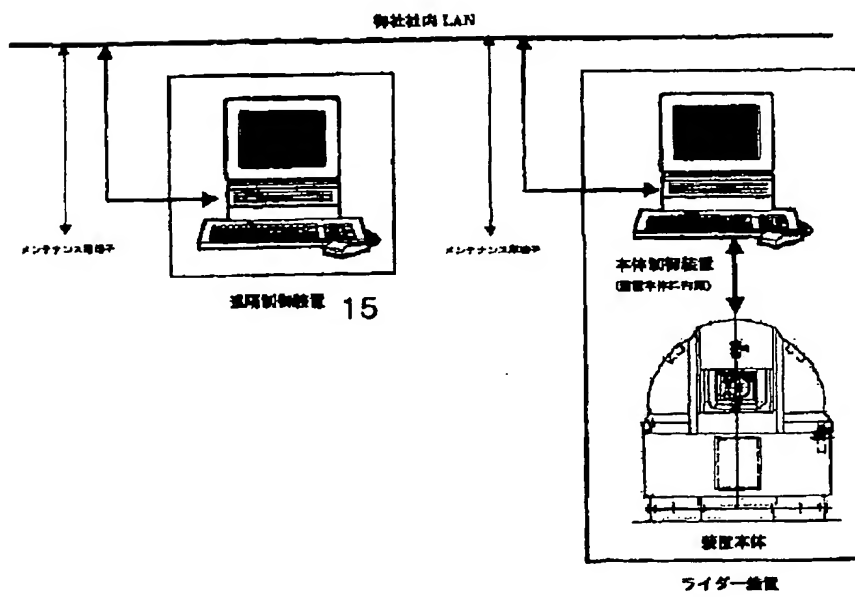
【図7】



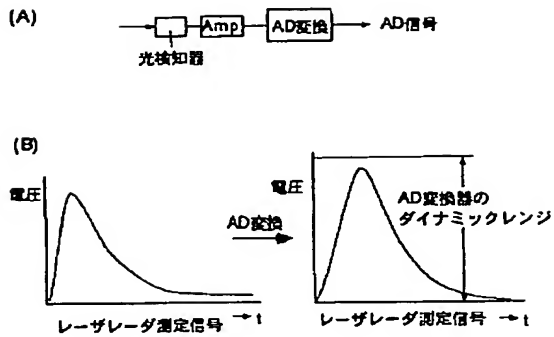
【図4】



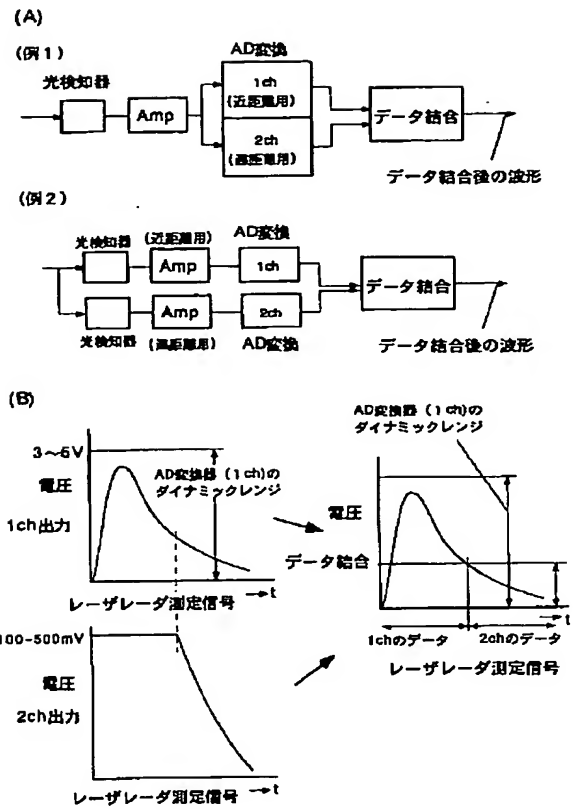
【図5】



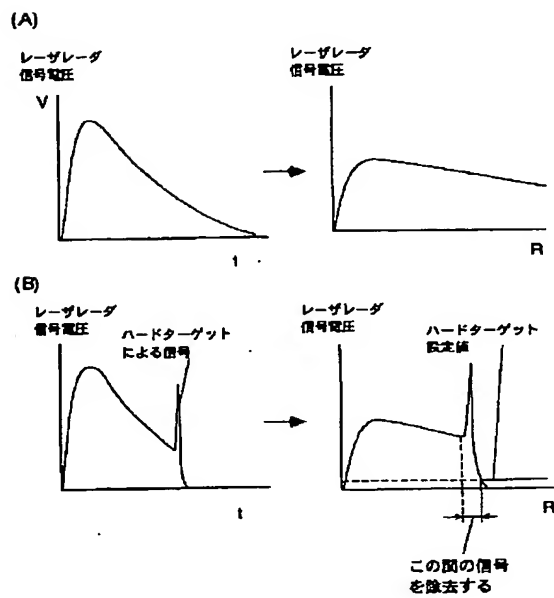
【図8】



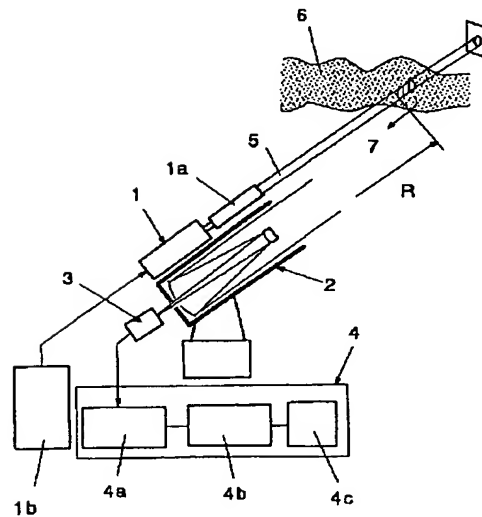
【図9】



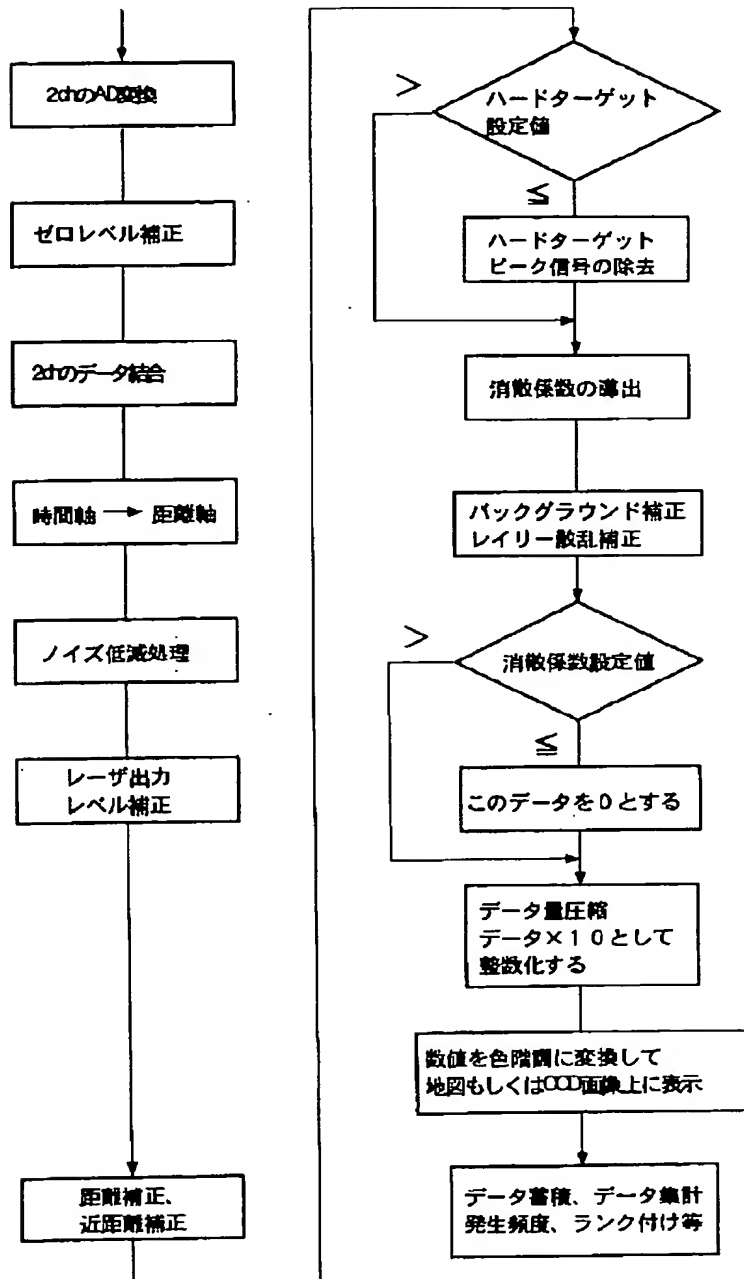
【図10】



【図12】



【図11】



フロントページの続き

(72) 発明者 横澤 剛
東京都新宿区百人町1丁目15番18号 株式
会社アイ・エヌ・シー・エンジニアリング
内

Fターム(参考) 2G059 AA05 BB02 CC11 CC19 DD16
EE02 EE05 GG01 GG04 HH03
HH06 JJ13 JJ17 JJ19 KK01
KK04 MM05 MM09 MM15 NN01
PP04
5J084 AA01 AB08 AD01 AD03 BA04
BA49 BB17 BB27 DA01 EA04
EA20 EA40 FA03